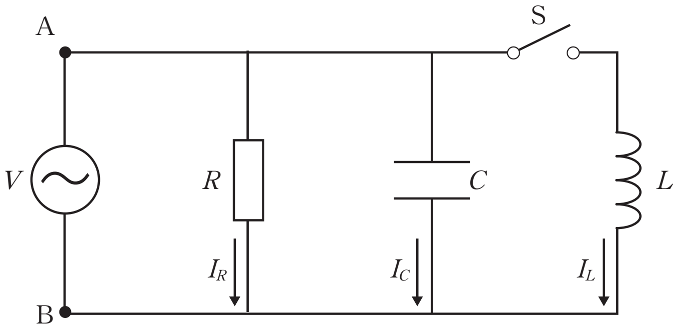
第46講　交流2

1

　[　　]にあてはまる最も適当なものを対応する解答群の中から一つずつ選べ。図のように，抵抗値 $R=10$［Ω］の抵抗，電気容量 $C=4.0\times10^{-5}$［F］のコンデンサー，自己インダクタンス $L=4.0\times10^{-3}$［H］のコイルが，時間 t［s］とともに変化する電圧 $V=40\sin500t$［V］の交流電源につながれている。交流電源の電圧は図のBに対するAの電位を表す。スイッチSは最初閉じられている。



(1)　図のように，抵抗を流れる電流を I_R［A］，コンデンサーを流れる電流を I_C［A］，コイルを流れる電流を I_L［A］とすると，I_R，I_C，I_L はそれぞれ[ア]，[イ]，[ウ]で表わされる。また，抵抗，コンデンサー，およびコイルの消費電力の時間平均はそれぞれ[エ]［W］，[オ]［W］，[カ]［W］となる。

[ア]の解答群

① $-0.25\sin500t$	② $0.25\sin500t$
③ $0.25\cos500t$	④ $-4.0\sin500t$
⑤ $4.0\sin500t$	⑥ $4.0\cos500t$
⑦ $-400\sin500t$	⑧ $400\sin500t$
⑨ $400\cos500t$	

[イ]の解答群

① $-0.80\sin500t$	② $0.80\sin500t$
③ $-0.80\cos500t$	④ $0.80\cos500t$
⑤ $-2000\sin500t$	⑥ $2000\sin500t$
⑦ $-2000\cos500t$	⑧ $2000\cos500t$

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

< Note >

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

ウ の解答群

① $-20\sin 500t$　② $20\sin 500t$　③ $-20\cos 500t$　④ $20\cos 500t$

⑤ $-80\sin 500t$　⑥ $80\sin 500t$　⑦ $-80\cos 500t$　⑧ $80\cos 500t$

エ, オ, カ の解答群

① 0.0　② 8.0　③ 16　④ 80

⑤ 160　⑥ 200　⑦ 400　⑧ 1600

(2) 次に，交流電源を $V=40\sin\omega t$ [V] に置き換えて，角周波数 ω [rad/s] を変化させると，角周波数が $\omega_0=$ キ [rad/s] のとき，$I_C+I_L=0.0$ [A] となった。このとき，電源を流れる電流の実効値 I_C は ク [A] となる。また，ω_0 付近での ω の変化に対する電源を流れる電流の実効値の変化の様子を表わしたグラフは ケ である。

キ の解答群

① 4.0×10^{-4}　② 2.5×10^{-3}　③ 10　④ 1.0×10^{2}

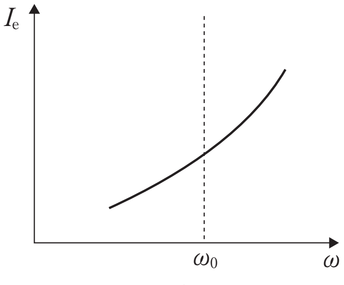
⑤ 4.0×10^{2}　⑥ 2.5×10^{3}　⑦ 1.6×10^{4}　⑧ 6.3×10^{6}

ク の解答群

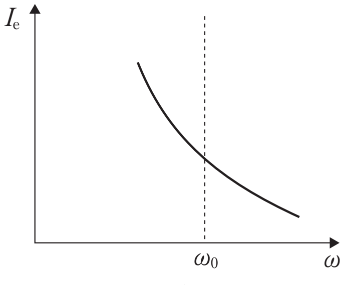
① 0.0　② 1.4　③ 2.0　④ 2.8

⑤ 3.2　⑥ 4.0　⑦ 5.7　⑧ 8.0

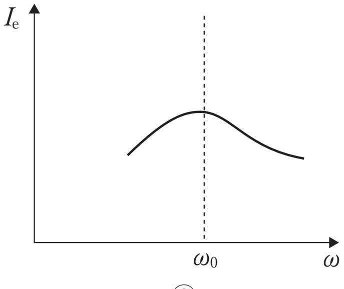
ケ の解答群



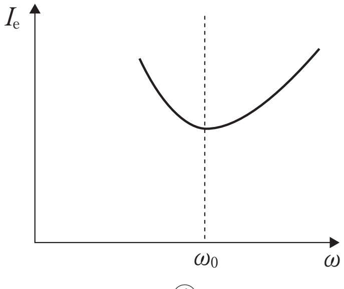
①



②



③



④

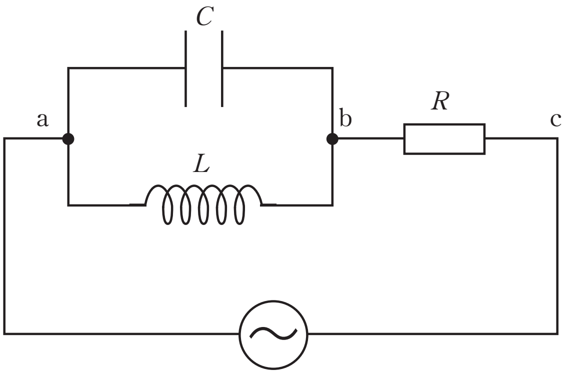
©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

＜ Note ＞

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

2

図のように電気容量 C［F］のコンデンサーと自己インダクタンス L［H］のコイルを並列に接続した。さらに，この並列接続に抵抗値 R［Ω］の抵抗を直列に接続し，交流電源につないだ。時間 t［s］に対して ab 間の電圧は $V = V_0 \sin \omega t$［V］であった。ここで，V_0［V］は交流電圧の最大値で，ω［rad/s］は角周波数である。以下の問に答えよ。解答にあたっては必要な単位を簡潔な形で［　　　］内に記入せよ。



交流電流

(1)　コンデンサーに流れる電流 I_C を三角関数の式によって表せ。

(2)　コイルに流れる電流を正弦関数の式によって表せ。

(3)　コンデンサーで消費される電力 P を三角関数の式によって表せ。

(4)　時間 t［s］に対する V，I_C および P の変化の概略図を示せ。

(5)　抵抗を流れる電流が最小となる角周波数を求めよ。また，そのときの抵抗の両端（bc 間）の電圧を求めよ。

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

＜ Note ＞

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

3

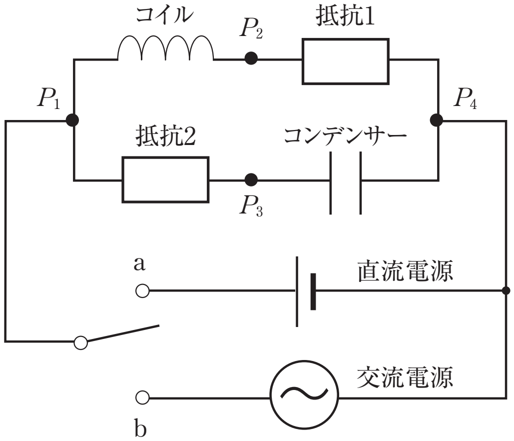
　スイッチ，直流電源，交流電源，コイル，コンデンサー，抵抗1，抵抗2，の回路素子が図のように接続されている。直流電源の起電力は V_0 [V]，コイルの自己インダクタンスは L [H]，コンデンサーの電気容量は C [F]，抵抗1の抵抗値は R_1 [Ω]，抵抗2の抵抗値は R_2 [Ω] である。スイッチの接点の抵抗，直流電源とコイルの内部抵抗，回路素子をつなぐために用いた導線の抵抗は無視できるものとする。

問1　スイッチをa側に閉じて十分長い時間が経過した後に，抵抗1で消費される電力 [W] を求めよ。

問2　その後，スイッチを開いた。スイッチを開いた直後から十分長い時間が経過するまでの間に回路で消費されるエネルギー [J] を求めよ。

問3　次にスイッチをb側に閉じた後，十分長い時間が経過した。P_2 から P_4 へ流れる電流 I を測定した結果，$I=I_0\sin\omega t$ [A] であった。ただし，t は [s] を単位とする時間であり，ω は [rad/s] を単位とする角周波数（角振動数）である。また，P_2P_3 間の電位差を測定した結果，$E=0$ [V] であった。

(1)　抵抗1で消費される平均電力 [W] を求めよ。
(2)　回路素子の値としては C と R_1 だけを用いて，P_3 から P_4 へ流れる電流 [A] を表せ。
(3)　回路素子の値としては C，R_1，R_2 だけを用いて，P_4 を基準とした P_1 の電位 [V] を表せ。
(4)　回路素子の値としては C，R_1，R_2 だけを用いて，コイルの自己インダクタンス [H] を表せ。



©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

< Note >

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第 46 講　確認テスト

図１，２は，抵抗が無視できる自己インダクタンス L のコイルと，電気容量 C のコンデンサーのそれぞれを，最大電圧 V_0，角周波数 ω，周期 T の交流電源に接続してつくった回路である。回路に示した矢印の向きを電流 I の正の向きとし，その向きに電流を流そうとする電源電圧 V を正とする。時刻 t における V を $V=V_0\sin\omega t$ として，以下の文中の［　　］内に入れるのに適当なものを解答群の中からひとつ選びなさい。

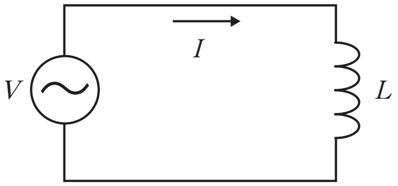


図１

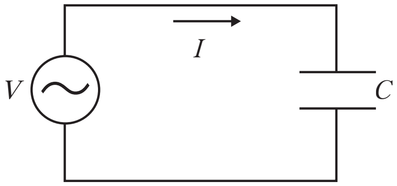


図２

(i)　周期 T と角周波数 ω の間には，$T=$［(1)］の関係がある。

(ii)　図１の回路では，コイルを流れる電流の変化を妨げる向きに自己誘導による起電力が発生し，この起電力と電源電圧の和が０となるので，V と微小時間 Δt あたりの I の変化量 ΔI の間には，$V=$［(2)］$\times\dfrac{\Delta I}{\Delta t}$ の関係が成り立つ。この式は，V が正のときに I は増加し，V が負のときに I は減少することを示している。したがって，I の最大値を I_0 とするとき，V と I の変化の様子を示すグラフは［(3)］である。I の位相は V の位相に対して［(4)］ので，電流は $I=I_0\sin($［(5)］$)$ と表され，I_0 と V_0 の間には，$I_0=$［(6)］$\times V_0$ の関係がある。

(iii)　図２の回路では，コンデンサーの極板上の電気量が時間的に変化する割合に等しい電流が流れるので，I と微小時間 Δt あたりの V の変化量 ΔV の間には，$I=$［(7)］$\times\dfrac{\Delta V}{\Delta t}$ の関係が成り立つ。この式は，V が増加しているときに I は正であり，V が減少しているときに I は負であることを示している。したがって，I の最大値を I_0 とするとき，V と I の変化の様子を示すグラフは［(8)］である。I の位相は V の位相に対して［(9)］ので，電流は $I=I_0\sin($［(10)］$)$ と表され，I_0 と V_0 の間には，$I_0=$［(11)］$\times V_0$ の関係がある。

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

解答群

〔1〕 $\dfrac{\pi}{2\omega}$　〔2〕 $\dfrac{2\pi}{\omega}$　〔3〕 $\dfrac{\omega}{2\pi}$　〔4〕 $2r\omega$

〔5〕 $\dfrac{1}{L}$　〔6〕 $\dfrac{1}{\omega L}$　〔7〕 L　〔8〕 ωL

〔9〕 $\dfrac{1}{C}$　〔10〕 $\dfrac{1}{\omega C}$　〔11〕 C　〔12〕 ωC

〔13〕 $\dfrac{3\pi}{4}$だけ進んでいる　〔14〕 $\dfrac{\pi}{2}$だけ進んでいる

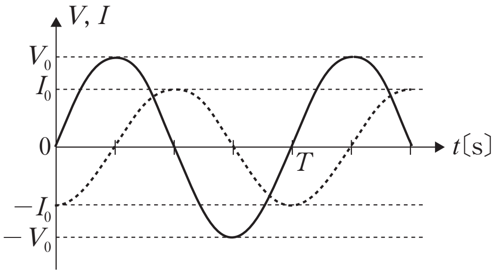
〔15〕 $\dfrac{\pi}{4}$だけ進んでいる　〔16〕 $\dfrac{\pi}{4}$だけ遅れている

〔17〕 $\dfrac{\pi}{2}$だけ遅れている　〔18〕 $\dfrac{3\pi}{4}$だけ遅れている

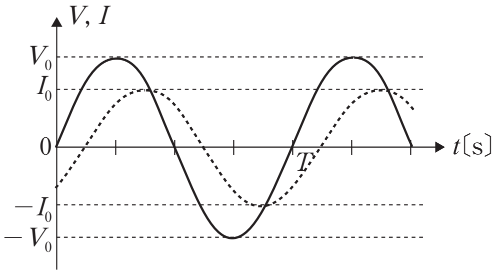
〔19〕 $\omega t-\dfrac{3\pi}{4}$　〔20〕 $\omega t-\dfrac{\pi}{2}$　〔21〕 $\omega t-\dfrac{\pi}{4}$　〔22〕 $\omega t+\dfrac{\pi}{4}$

〔23〕 $\omega t+\dfrac{\pi}{2}$　〔24〕 $\omega t+\dfrac{3\pi}{4}$

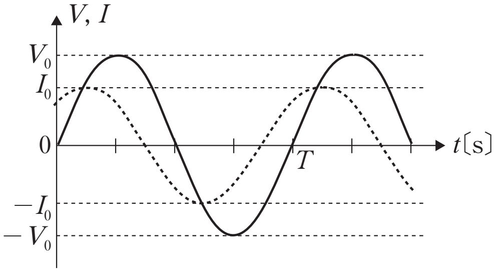
〔25〕



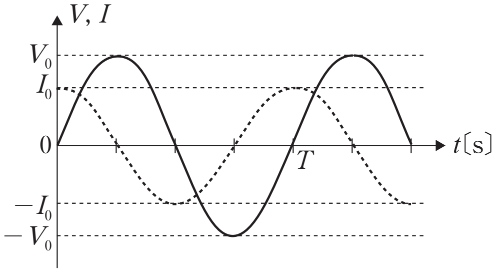
〔26〕



〔27〕



〔28〕



©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第 46 講　解答

1

ア　⑤　　イ　④　　ウ　③　　エ　④　　オ　①

カ　①　　キ　⑥　　ク　④　　ケ　④

2

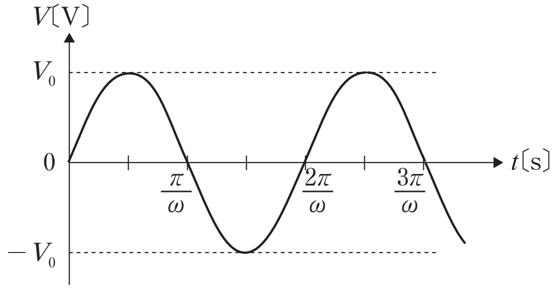
(1)　$\omega CV_0 \cos\omega t$ [A]

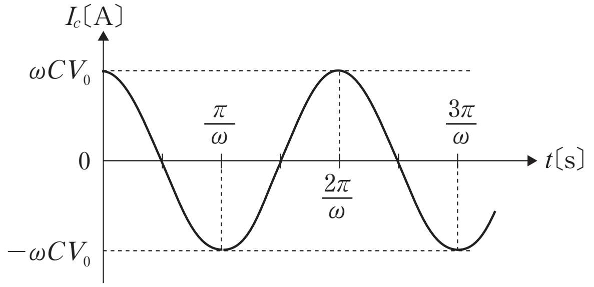
(2)　$\dfrac{V_0}{\omega L}\sin\left(\omega t-\dfrac{\pi}{2}\right)$ [A]

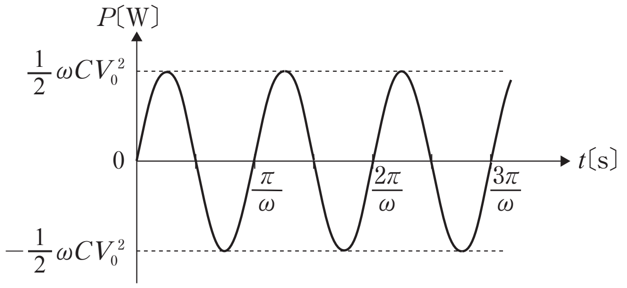
(3)　$\dfrac{1}{2}\omega CV_0^2\sin 2\omega t$ [W]

(4)　右図

(5)　$\omega=\dfrac{1}{\sqrt{LC}}$ [rad/s]　　電圧 0 [V]







3

問１　$\dfrac{V_0^2}{R_1}$ [W]　　　問２　$\dfrac{1}{2}L\left(\dfrac{V_0}{R_1}\right)^2+\dfrac{1}{2}CV_0^2$ [J]

問３　(1)　$\dfrac{1}{2}I_0^2R_1$ [W]　　(2)　$\omega CR_1I_0\cos\omega t$ [A]　　(3)　$R_1I_0\{\sin\omega t+\omega CR_2\cos\omega t\}$ [V]

(4)　CR_1R_2 [H]

第46講　確認テスト

【解答】

(i)　(1)　〔２〕

(ii)　(2)　〔７〕　(3)　〔25〕　(4)　〔17〕　(5)　〔20〕　(6)　〔６〕

(iii)　(7)　〔11〕　(8)　〔28〕　(9)　〔14〕　(10)　〔23〕　(11)　〔12〕

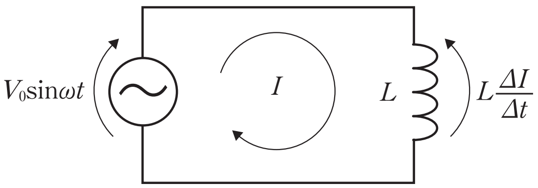
【解説】

(i)

$$T=\frac{\boldsymbol{2\pi}}{\boldsymbol{\omega}}\ \underline{\ \ }_{(1)}$$

(ii)

$$V=\boldsymbol{L}\times\frac{\Delta I}{\Delta t}\ \underline{\ \ }_{(2)}$$



となるので，

$$L\frac{\Delta I}{\Delta t}=V_0\sin\omega t$$

Δ を d に変えて，両辺を積分すれば，

$$I=-\frac{V_0}{\omega L}\cos\omega t=\frac{V_0}{\omega L}\sin\left(\boldsymbol{\omega t-\frac{\pi}{2}}\right)\underline{\ \ }_{(5)}$$

を得る。よって，グラフは **〔25〕** $\underline{\ \ }_{(3)}$ であり，I の位相は V の位相に対して $\boldsymbol{\dfrac{\pi}{2}}$ **だけ遅れている。** $\underline{\ \ }_{(4)}$ また，I の最大値 I_0 は

$$I_0=\frac{\boldsymbol{1}}{\boldsymbol{\omega L}}\times V_0\underline{\ \ }_{(6)}$$

(iii)

$$I=\frac{\Delta Q}{\Delta t}$$ と，$Q=CV$ より，

$$I=\boldsymbol{C}\times\frac{\Delta V}{\Delta t}\ \underline{\ \ }_{(7)}$$

$V=V_0\sin\omega t$ を代入して，$\Delta\to d$ として微分すると

$$I=\omega CV_0\cos\omega t=\omega CV_0\sin\left(\boldsymbol{\omega t+\frac{\pi}{2}}\right)\underline{\ \ }_{(10)}$$

となり，グラフは **〔28〕** $\underline{\ \ }_{(8)}$ となる。

I の位相は V の位相に対して $\boldsymbol{\dfrac{\pi}{2}}$ **だけ進み** $\underline{\ \ }_{(9)}$，

I の最大値 I_0 は

$$I_0=\boldsymbol{\omega C}\cdot V_0\underline{\ \ }_{(11)}$$

となる。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。